

# BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR BIOANALYSES ET CONTRÔLES

ÉPREUVE E2 - MATHÉMATIQUES ET SCIENCES PHYSIQUES ET  
CHIMIQUES

**SOUS-ÉPREUVE U22 - SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES**

**SESSION 2022**

---

Durée : 2 heures

Coefficient : 3

---

**Matériel autorisé :**

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.

L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collègue » est autorisé.

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront pour une part importante de l'appréciation des copies.

S'il apparaît au candidat qu'une donnée est manquante ou erronée, il pourra formuler toutes les hypothèses qu'il jugera nécessaires pour résoudre les questions posées. Il justifiera, alors, clairement et précisément ces hypothèses.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.  
Le sujet se compose de 10 pages, numérotées de 1/10 à 10/10.

<b>BTS BIOANALYSES ET CONTROLES</b>		Session 2022
U22 – Sciences Physiques et Chimiques	Code : 22BAE2PC	Page : 1/10

**Le sujet traite du thème des cosmétiques.  
Il est composé de quatre parties, toutes indépendantes.**

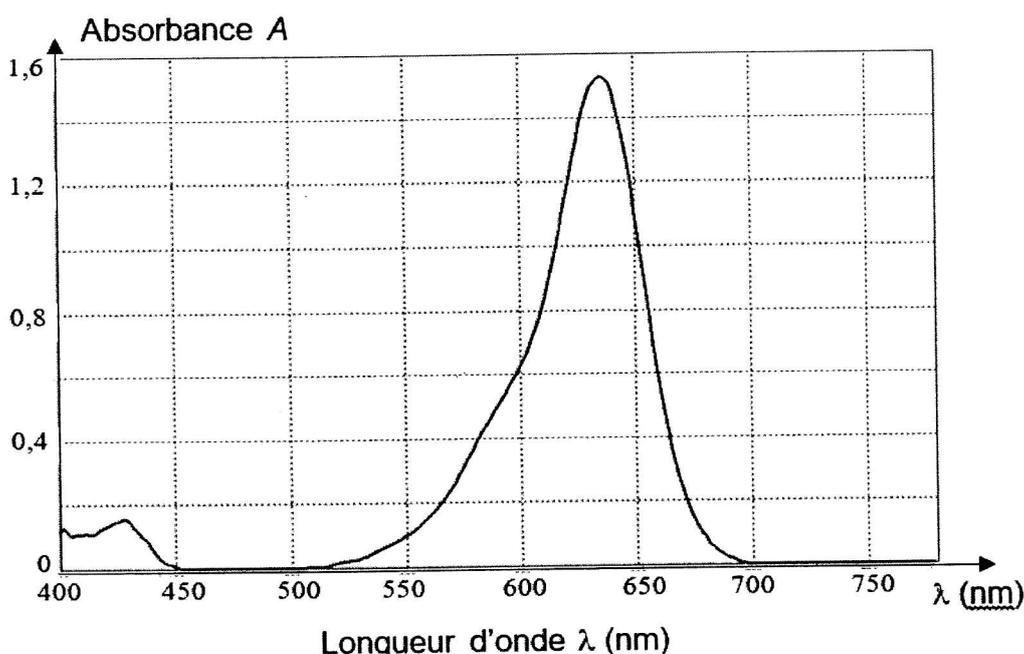
**A- Couleur : pigments et colorants (10 points)**

Certains pigments et colorants sont autorisés dans la formulation de cosmétiques, et utilisés par les fabricants pour teinter les produits, afin parfois d'augmenter l'attractivité du produit auprès des utilisateurs.

Un fournisseur de lotion démaquillante indique une concentration en colorant "CI 42090" de  $(4,0 \pm 0,2) \times 10^{-6} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ . Ce colorant est un colorant azoïque et est appelé « bleu brillant ». L'objectif de cet exercice est de vérifier la conformité du produit.

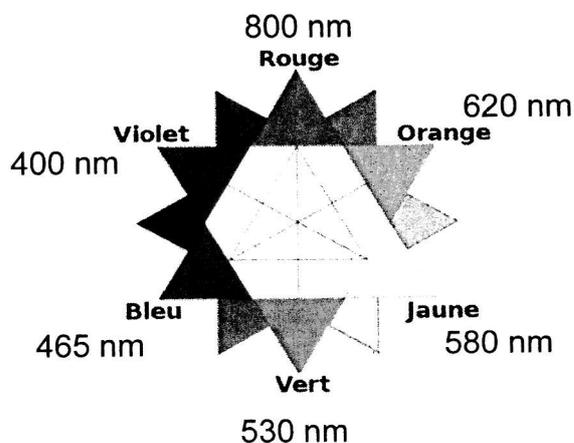
**1- Spectre d'absorption : couleur et choix de la longueur d'onde**

On donne le spectre d'absorption UV-visible d'une solution aqueuse de CI 42090 entre 400 et 780 nm :



adapté de <http://www.sciences-edu.net>

On appelle « étoile chromatique » la représentation ci-contre donnant, sur deux branches opposées les couleurs complémentaires : lorsque la matière absorbe une couleur du spectre lumineux, alors l'œil perçoit cette matière comme étant colorée de la couleur complémentaire. Les valeurs des longueurs d'onde associées à chaque couleur sont précisées sur la représentation ci-contre.



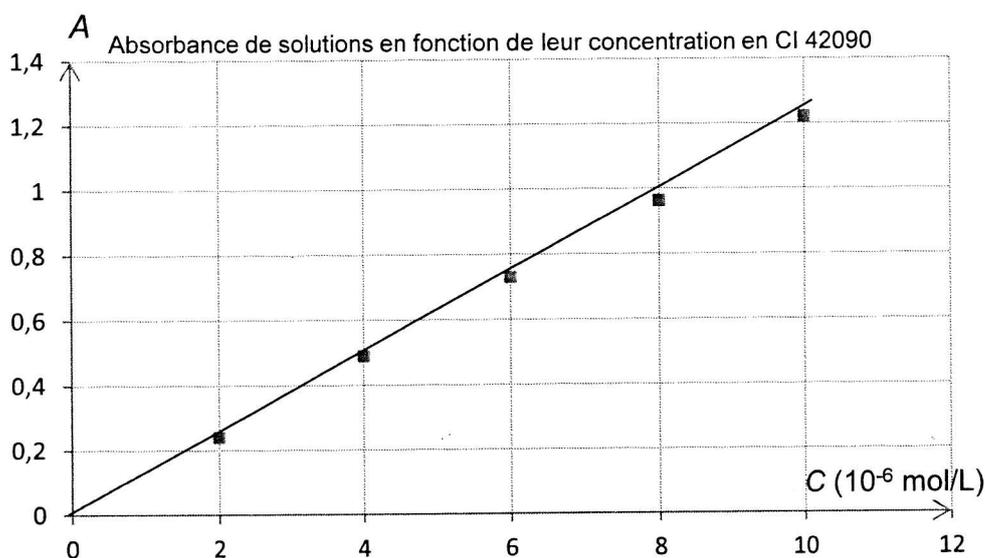
Adapté de wikipedia.org

<b>BTS BIOANALYSES ET CONTROLES</b>		Session 2022
U22 – Sciences Physiques et Chimiques	Code : 22BAE2PC	Page : 2/10

1. Vérifier en justifiant que la couleur de la solution aqueuse de CI 42090, dit « bleu brillant » est bien bleue.
2. Indiquer la longueur d'onde à laquelle il est judicieux de régler le spectrophotomètre pour réaliser le dosage spectrophotométrique d'une solution contenant le colorant CI 42090. Justifier brièvement votre réponse.

## 2- Courbe d'étalonnage

Une gamme d'étalonnage a été réalisée par dilution d'une solution aqueuse de CI 42090 de concentration  $1,0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ . Après avoir réalisé le blanc optique du spectrophotomètre avec de l'eau distillée, l'absorbance de chacune des solutions de la gamme a été mesurée à la longueur d'onde déterminée précédemment. Les résultats ont permis de tracer le graphe suivant :



La modélisation de la droite passant par une majorité de points donne la relation suivante entre absorbance et concentration :  $A = 1,2 \times 10^5 \times C$  avec  $C$  en  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

3. Exprimer la loi de Beer-Lambert en détaillant chacune des grandeurs (nom et unités).
4. Justifier par une méthode de votre choix que, dans cet exemple, les conditions de linéarité de la loi de Beer-Lambert sont vérifiées.

## 3- Mesures

Dans les mêmes conditions, l'absorbance de la lotion étudiée est :  $A = 0,462$ . On admet que le bain de bouche peut être considéré comme une solution aqueuse dans laquelle seul le colorant CI 42090 absorbe à cette longueur d'onde.

5. Déterminer la concentration en colorant CI 42090 dans ce bain de bouche.

On estime que l'incertitude-type relative lors de ce dosage est de 5 %.

6. Exprimer le résultat de mesure
7. Préciser en justifiant si ce bain de bouche est conforme à l'indication du fabricant.

<b>BTS BIOANALYSES ET CONTROLES</b>		Session 2022
U22 – Sciences Physiques et Chimiques	Code : 22BAE2PC	Page : 3/10

## B- Eau oxygénée (10 points)

L'eau oxygénée, solution aqueuse de peroxyde d'hydrogène  $\text{H}_2\text{O}_2$ , est utilisée en cosmétique dans la formulation de produits capillaires pour décolorer les cheveux ou comme fixateur dans les processus chimiques mis en jeu pour les colorations. Elle est aussi utilisée, à une concentration beaucoup plus faible, pour l'éclaircissement des dents.

Différentes concentrations d'eau oxygénée existent en fonction de l'utilisation prévue.

Cet exercice propose de contrôler la concentration en peroxyde d'hydrogène  $\text{H}_2\text{O}_2$  de l'eau oxygénée commerciale utilisée par un coiffeur en réalisant un titrage avec réaction d'oxydo-réduction support du titrage.

### Données :

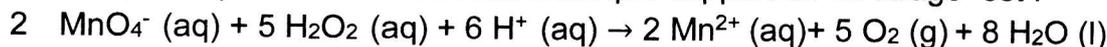
- masse molaire  $\text{H}_2\text{O}_2$  :  $M = 34,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ;
- $\text{H}_2\text{O}_2$  peut intervenir dans plusieurs couples oxydant-réducteur, notamment  $\text{O}_2(\text{g}) / \text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$  de potentiel standard :  $E^0 = 0,69 \text{ V}$  à  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  ;
- L'ion permanganate est l'oxydant du couple oxydant-réducteur  $\text{MnO}_4^- (\text{aq}) / \text{Mn}^{2+} (\text{aq})$  de potentiel standard :  $E^0 = 1,51 \text{ V}$  à  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ .

L'eau oxygénée commerciale étudiée est, au préalable, diluée au vingtième. Cette solution diluée sera notée  $S_{\text{diluée}}$ . Le titrage de cette solution diluée est réalisé par une solution de permanganate de potassium ( $\text{K}^+(\text{aq}), \text{MnO}_4^-(\text{aq})$ ) en milieu acide, selon le protocole suivant :

- Verser, dans un erlenmeyer, une prise d'essai  $V = 10,0 \text{ mL}$  de solution diluée d'eau oxygénée  $S_{\text{diluée}}$ .
- Ajouter 90 mL d'eau puis doucement 10 mL de solution d'acide sulfurique à 10 % (sous hotte avec gants et lunettes de protection).
- Verser progressivement, à l'aide d'une burette graduée, la solution de permanganate de potassium de concentration connue :  $C_0 = 2,00 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .
- Déterminer le volume  $V_E$  de solution de permanganate de potassium à l'équivalence, l'équivalence étant repérée par la persistance d'une teinte rose.

8. Écrire les demi-équations électroniques des couples oxydant-réducteur à prendre en compte pour ce titrage.

9. Montrer que l'équation de la réaction chimique support de ce titrage est :



10. Établir l'expression de la quantité de matière  $n_{\text{H}_2\text{O}_2}$  de peroxyde d'hydrogène dans la prise d'essai en fonction de  $C_0$  et  $V_E$ .

La concentration de l'eau oxygénée peut s'exprimer en "volumes" : c'est le volume en litres de dioxygène que peut libérer 1,00 L d'eau oxygénée selon l'équation de dismutation suivante :



Ce volume est mesuré dans les conditions standards de température et pression ( $0^\circ\text{C}$ , 1 bar) ; ainsi, une solution d'eau oxygénée à  $1,00 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  est à 11,2 volumes.

<b>BTS BIOANALYSES ET CONTROLES</b>		Session 2022
U22 – Sciences Physiques et Chimiques	Code : 22BAE2PC	Page : 4/10

11. Montrer que la concentration en "volumes"  $C_{volumes}$  de la solution commerciale d'eau oxygénée a pour expression  $C_{volumes} = \frac{560 \times C_0 \times V_E}{V}$  dans les conditions standards de pression 1 bar, à 0°C.

Le volume à l'équivalence est :  $V_E = 17,4$  mL.

12. Déterminer la concentration en "volumes"  $C_{volumes}$  de cette solution commerciale.

L'eau oxygénée fait partie des substances utilisées dans les produits cosmétiques pour lesquelles l'Union Européenne a fixé des restrictions. Ainsi, le règlement N° 1197/2013 publié au Journal officiel de l'Union européenne le 26.11.2013 donne les restrictions suivantes concernant le peroxyde d'hydrogène :

Nom chimique	Restrictions		Libellé des conditions d'emploi et des avertissements
	Type de produit, parties du corps	Concentration maximale dans les préparations prêtes à l'emploi	
Peroxyde d'hydrogène et autres composés ou mélanges libérant du peroxyde d'hydrogène, dont le peroxyde de carbamide et le peroxyde de zinc	a) Produits pour les cheveux et la pilosité faciale	a) 12 % de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (40 volumes), présent ou dégagé	Pour a) et f): Porter des gants appropriés. Pour a), b), c) et e): Contient du peroxyde d'hydrogène. Éviter le contact avec les yeux. Rincer immédiatement les yeux si le produit entre en contact avec ceux-ci.  e) Concentration du H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> présent ou dégagé indiquée en pourcentage. "Ne pas utiliser chez les enfants/adolescents âgés de moins de dix-huit ans. Doit être vendu uniquement à des praticiens de l'art dentaire. [...]" f) Doit figurer sur l'étiquetage: "Réservé aux professionnels. Éviter le contact avec les yeux. Rincer immédiatement les yeux si le produit entre en contact avec ceux-ci. Contient du peroxyde d'hydrogène."
	b) Produits pour la peau	b) 4 % de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , présent ou dégagé	
	c) Produits pour durcir les ongles	c) 2 % de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , présent ou dégagé	
	d) Produits buccodentaires, y compris les produits de rinçage buccal, les dentifrices et les produits de blanchiment ou d'éclaircissement des dents	d) ≤ 0,1 % de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , présent ou dégagé	
	e) Produits de blanchiment ou d'éclaircissement des dents	e) > 0,1 % et ≤ 6 % de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , présent ou dégagé	
	f) Produits destinés aux cils	f) 2 % de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , présent ou dégagé	

13. Indiquer en justifiant si la solution commerciale étudiée dans cet exercice peut être utilisée dans des "produits pour les cheveux" au sens du règlement du Parlement Européen.

14. Indiquer des précautions d'utilisation imposée par le règlement du Parlement Européen pour ce type de produit.

## C- Odeur : Synthèse du (-)-linalol (11 points)

### Données :

- Numéro atomique et électronégativité de quelques éléments chimiques :

Élément chimique	H	C	O	Mg	Cl	Br
Numéro atomique	1	6	8	12	17	35
Électronégativité E.N. (échelle de Pauling)	2,2	2,55	3,44	1,31	3,16	2,96



- Formule topologique du (-)-linalol en représentation de Cram :
- Pouvoir rotatoire spécifique du (-)-linalol :  $[\alpha]_D^{20} \approx -18 \pm 3 \text{ } ^\circ \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{cm}^3 \cdot \text{dm}^{-1}$ .

Le linalol, de formule brute  $\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}$ , est très utilisé dans les cosmétiques pour ses propriétés odorantes.

Deux énantiomères de cette molécule existent : le (-)-linalol, aussi appelé licaréol, a une odeur qualifiée de boisée, proche de celle de la lavande, du muguet, et le (+)-linalol, aussi appelé coriandrol, a une odeur qualifiée de douce et florale, rappelant l'odeur d'agrumes. Ce dernier peut être extrait par distillation fractionnée de l'huile essentielle de nombreuses plantes (lavande, lavandin, coriandre, bois de rose...) ou être synthétisé.

Plusieurs voies de synthèse existent. Nous allons étudier l'une de ces voies de synthèse multi-étapes, à partir d'acétone.

### 1- Structure du (-)-linalol

15. Recopier, sur votre copie, la formule topologique du (-)-linalol représentée ci-dessus, et indiquer par un astérisque \* la position de l'atome de carbone asymétrique, en justifiant.

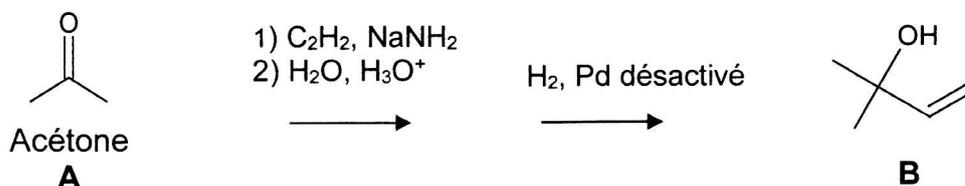
16. Déterminer la configuration absolue (R ou S) du carbone asymétrique de l'énantiomère ((-)-linalol) représenté ci-dessus, en indiquant brièvement les étapes du raisonnement.

17. Indiquer, en justifiant votre réponse, le caractère lévogyre ou dextrogyre de la molécule de (-)-linalol.

Le linalol obtenu par cette synthèse est un mélange des deux formes du couple d'énantiomères avec 50 % de l'énantiomère de configuration absolue R et 50 % de l'énantiomère de configuration absolue S.

18. Préciser le nom d'un tel mélange et la valeur de son pouvoir rotatoire.

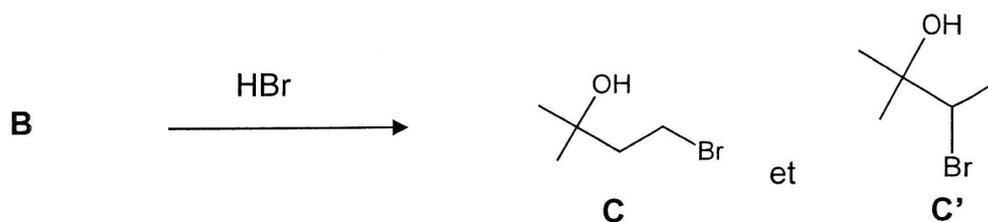
2- **Étapes 1 et 2 de la synthèse** : obtention du 2-méthylbut-3-èn-2-ol (B) par réaction de l'acétone (A) avec l'acétylène  $\text{C}_2\text{H}_2$  et hydrolyse puis hydrogénation par catalyse hétérogène sur palladium désactivé.



19. Nommer la molécule d'acétone en utilisant les règles de nomenclature officielle.

<b>BTS BIOANALYSES ET CONTROLES</b>		Session 2022
U22 – Sciences Physiques et Chimiques	Code : 22BAE2PC	Page : 6/10

### 3- Étape 3 : hydrobromation



20. Indiquer le type de réaction de cette étape 3, parmi les termes suivants :

Élimination – Substitution – Addition.

21. Préciser l'espèce chimique obtenue en s'appuyant sur la règle de Markovnikov.

En fait, cette étape d'hydrobromation se fait en présence d'un peroxyde avec un mécanisme radicalaire et aboutit au composé C avec lequel on poursuit la synthèse.

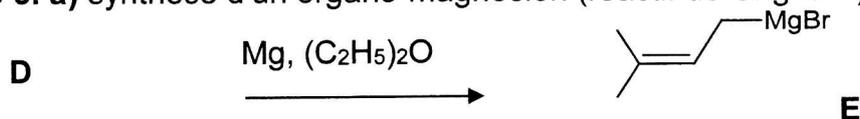
### 4- Étape 4 : déshydratation intramoléculaire



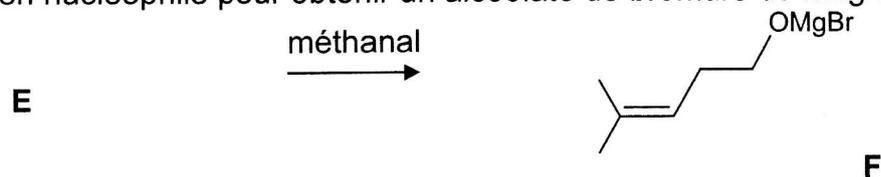
22. Représenter les formules topologiques des espèces chimiques **D** et **D'** obtenues.

### 5- Étape 5 : synthèse organo-magnésienne décomposée en trois sous-étapes (a, b et c)

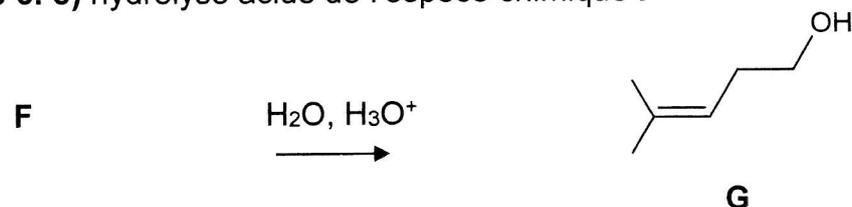
étape 5. a) synthèse d'un organo-magnésien (réactif de Grignard)



étape 5. b) réaction de l'organo-magnésien **E** sur un composé carbonyle :  
addition nucléophile pour obtenir un alcoolate de bromure de magnésium



étape 5. c) hydrolyse acide de l'espèce chimique **F**



23. Justifier d'après les données et en s'appuyant sur les charges partielles, le caractère nucléophile du carbone dans la liaison C-Mg de l'organomagnésien E.

24. Représenter la formule développée du méthanal (réactif de l'étape 5.b), appelé aussi formol, et préciser à quelle famille chimique il appartient (fonction chimique).

25. Indiquer, en la justifiant, la polarité de la liaison entre le carbone et l'oxygène du méthanal et en déduire le site de cette molécule qui va subir l'attaque nucléophile de l'organomagnésien.

Deux dernières étapes (synthèse organo-magnésienne) conduisant à l'obtention du linalol ne seront pas étudiées.

## D- Viscosité d'un liquide (9 points)

Le glycérol ou propan-1,2,3-triol, également appelé glycérine, a pour formule brute  $C_3H_8O_3$ . Il est utilisé dans l'industrie cosmétique notamment pour ses propriétés hydratantes. Il peut être obtenu à partir d'huiles végétales. À température ambiante, il est liquide, incolore, transparent, à la texture visqueuse.

La viscosité doit être prise en compte pour le processus de fabrication puisqu'elle influe sur la facilité et sur la vitesse avec laquelle ce produit pourra être préparé puis être versé dans l'emballage final (tube, flacon...).

Un technicien dispose d'un échantillon de glycérol reçu d'un fournisseur. Ce dernier, initialement pur, a subi un stockage prolongé et il est possible qu'il se soit chargé en eau. Le technicien doit effectuer un contrôle qualité par mesure de viscosité.

L'objectif de cet exercice est donc de répondre à la problématique suivante :

**« Le liquide contenu dans le flacon est-il du glycérol pur  
ou un mélange glycérol-eau ? »**

Au cours de ses recherches documentaires, il remarque que pour des températures proches de la température ambiante, la masse volumique dépend peu de la température mais que la viscosité dépend fortement de la température et du pourcentage en masse de glycérol dans des mélanges glycérol - eau.

La viscosité dynamique  $\eta$  du liquide est déterminée en utilisant un viscosimètre à chute de bille.

<b>BTS BIOANALYSES ET CONTROLES</b>		Session 2022
U22 – Sciences Physiques et Chimiques	Code : 22BAE2PC	Page : 8/10

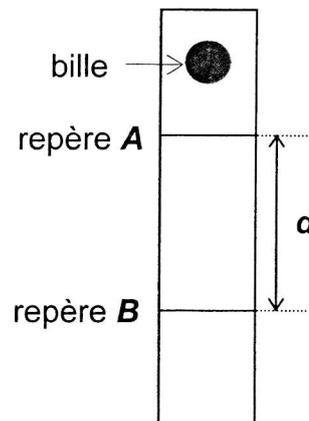
Ce dispositif comporte un long tube central vertical rempli avec le liquide de masse volumique  $\rho_{\text{liquide}}$ . Sur ce long tube, deux traits repères fixes A et B sont séparés d'une distance  $d$ . Un dispositif permet de maintenir le tube central à une température constante connue.

On lâche, sans vitesse initiale, en haut du tube, une bille calibrée sphérique, pleine, de masse volumique  $\rho_{\text{bille}}$  et de rayon  $R$ .

Grâce à des capteurs, le dispositif mesure le temps  $\Delta t$  de chute de la bille entre les deux repères.

Le tube est suffisamment large par rapport à la bille pour pouvoir négliger les effets des parois sur la chute de la bille.

La vitesse de la bille augmente puis atteint très rapidement une vitesse limite constante. Lorsqu'elle passe au repère A, la bille a déjà atteint sa vitesse limite de chute  $v$  ; son mouvement est alors rectiligne uniforme entre les deux repères A et B.



On souhaite comparer la valeur expérimentale de viscosité dynamique trouvée par cette expérience avec la valeur trouvée dans la littérature.

### Données :

- masse volumique et viscosité de mélanges glycérol - eau :

% en masse de glycérol dans des mélanges glycérol - eau	Masse volumique $\rho_{\text{liquide}}$ ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ )			Viscosité <sup>[1]</sup> $\eta$ ( $\text{Pa}\cdot\text{s}$ )		
	20 °C	25 °C	30 °C	20 °C	25 °C	30 °C
100 %	1261	1258	1255	1,495	0,942	0,622
99 %	1258	1255	1252	1,194	0,772	0,509
98 %	1256	1253	1250	0,971	0,627	0,423
97 %	1253	1250	1247	0,802	0,521	0,353

<sup>[1]</sup> Données extraites de : *Lange's Handbook of Chemistry, 15<sup>th</sup> edition*, John A. Dean, 1998

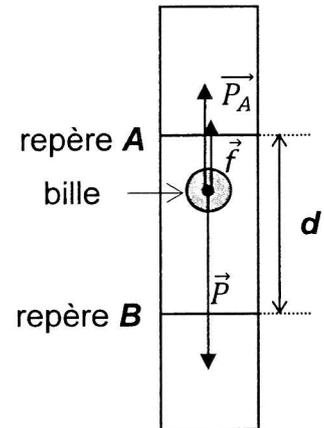
- volume  $V$  d'une sphère de rayon  $R$  :  $V = \frac{4}{3} \pi R^3$  ;
- intensité de la pesanteur sur Terre :  $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  ;
- poussée d'Archimède  $P_A$  qui s'exerce sur un corps de volume  $V$  immergé dans un fluide de masse volumique  $\rho_{\text{liquide}}$  :  $P_A = m_{\text{liquide}} g = \rho_{\text{liquide}} V g$  ;
- loi de Stokes pour une bille sphérique de rayon  $R$  en mouvement à la vitesse  $v$  dans un fluide de viscosité dynamique  $\eta$  : la force  $\vec{f}$  de frottement fluide est opposée à la vitesse et sa norme a pour expression :  $f = 6 \pi \eta R v$ .

**26.** Préciser pourquoi il est nécessaire de maintenir le tube central à une température constante connue.

La suite de l'exercice s'intéresse au mouvement de la bille uniquement entre les deux repères fixes A et B.

27. Exprimer la vitesse limite moyenne  $v$  de chute de la bille, en fonction de la distance  $d$  entre les deux repères et de la durée  $\Delta t$  de la chute entre ces repères.

On donne ci-contre le schéma simplifié du tube central dans lequel est représentée la bille lors de sa chute rectiligne et uniforme entre les deux repères, ainsi que les forces qui lui sont appliquées : le poids  $\vec{P}$ , la poussée d'Archimède  $\vec{P}_A$  et la force de frottement fluide  $\vec{f}$ .



On précise que ces forces sont appliquées au centre de gravité de la bille et que la longueur de la flèche représentant le poids est égale à la somme des longueurs de flèches verticales orientées vers le haut.

28. Établir l'expression littérale de la norme  $P$  du poids qui s'exerce sur la bille sphérique, en fonction du rayon  $R$  de la bille, de sa masse volumique  $\rho_{bille}$  et de l'intensité de la pesanteur  $g$ .

D'après le principe d'inertie appliqué à la bille, la norme du poids est compensée par la somme des normes de la poussée d'Archimède et de la force de frottement, on a donc :

$$P = P_A + f$$

29. Montrer que la viscosité dynamique  $\eta$  s'exprime :

$$\eta = \frac{2 \times (\rho_{bille} - \rho_{liquide}) \times R^2 \times g}{9 \times v}$$

À partir de cette relation, on peut exprimer la viscosité sous la forme :  $\eta = K (\rho_{bille} - \rho_{liquide}) \Delta t$

où  $K$  est une constante qui a pour expression  $K = \frac{2 \times R^2 \times g}{9 \times d}$ .

La distance  $d$  entre les deux repères  $A$  et  $B$  est :  $d = 20,0$  cm. Le viscosimètre est livré avec plusieurs billes. La manipulation est effectuée avec une bille de rayon  $R = 5,50$  mm et de masse volumique  $\rho_{bille} = 7,70 \times 10^3$  kg·m<sup>-3</sup>.

30. Calculer la valeur numérique de  $K$  et préciser son unité dans le système international.

L'expérience est réalisée dix fois à 25 °C et, lors de ces différents essais, la durée de chute de la bille entre les repères  $A$  et  $B$  varie entre 0,439 s et 0,445 s. La durée moyenne de chute obtenue avec ces dix essais est :  $\Delta t = 0,443$  s.

31. Répondre à la problématique du technicien.

BTS BIOANALYSES ET CONTROLES		Session 2022
U22 – Sciences Physiques et Chimiques	Code : 22BAE2PC	Page : 10/10